

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-235184

[ST.10/C]:

[JP2002-235184]

出 願 人

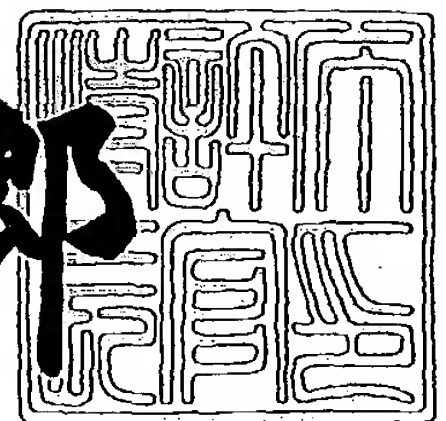
Applicant(s):

ティーディーケー株式会社

2003年 7月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3052952

【書類名】 特許願

【整理番号】 04299

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 27/28

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

 【氏名】 岩塚 信治

【特許出願人】

 【識別番号】 000003067

 【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100101214

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 森岡 正樹

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 047762

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気光学光部品

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 個の磁気光学結晶と、

前記磁気光学結晶に対し、光入出射面に垂直な方向の磁界成分を印加する少なくとも 1 個の永久磁石と、

前記磁気光学結晶に印加される前記磁界成分が 0 となる位置を可変とする少なくとも 1 個の電磁石と

を有することを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 2】

請求項 1 記載の磁気光学光部品であって、

前記磁界成分の大きさは、前記光入出射面内の所定方向で単調に変化することを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 3】

請求項 2 記載の磁気光学光部品であって、

前記磁気光学結晶は多磁区構造を有し、かつ、前記光入出射面に垂直な方向の磁化により構成される磁区 A と、磁区 A の磁化方向とは逆向きの方向の磁化により構成される磁区 B とを少なくとも含むこと

を特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 4】

請求項 3 記載の磁気光学光部品であって、

前記電磁石で発生させる磁界を変化させて、前記磁気光学結晶の光透過領域に、前記磁区 A のみが存在する状態と、前記磁区 A と前記磁区 B の双方が含まれる状態とを形成して、光透過光量を連続的に変化させること

を特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 5】

請求項 4 記載の磁気光学光部品であって、

さらに前記磁区 B のみが存在する状態を形成すること

を特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の磁気光学光部品であって、
前記磁気光学結晶の飽和のファラデー回転角は約 45° であり、
前記磁気光学結晶の片側に配置された偏光子と、
前記磁気光学結晶の反対側に配置された検光子と
を有することを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の磁気光学光部品であって、
前記磁気光学結晶の飽和のファラデー回転角は約 45° であり、
前記磁気光学結晶の片側に配置された偏光子と、
前記磁気光学結晶の反対側に配置された反射板と
を有することを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の磁気光学光部品であって、
前記電磁石に印加する電流を変化させて減衰量を可変に制御する可変光アッテ
ネータであることを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の磁気光学光部品であって、
前記電磁石に印加する電流を変調させることにより、透過光量を変調させる光
変調器であることを特徴とする磁気光学光部品。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の磁気光学光部品であって、
光スイッチであることを特徴とする磁気光学光部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムに用いられる可変光アッテネータや光変調器、ある
いは光スイッチなどの磁気光学光部品に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

可変光アッテネータとして、印加した磁界の強度によりファラデー回転角を変化させて光の減衰量を制御するいわゆる磁気光学型可変光アッテネータが知られている。磁気光学型可変光アッテネータは、機械的な可動部がないため信頼性が高く、また小型化し易いという利点を有している。磁気光学型可変光アッテネータは、磁気光学結晶と、磁気光学結晶に磁界を印加する電磁石とを有している。電磁石に流す電流量を変化させて磁気光学結晶に印加する磁界の強度を制御することにより、磁気光学結晶の磁化の強さを変化させてファラデー回転角を制御できるようになっている。

【 0 0 0 3 】

磁気光学結晶に印加する磁界を制御する方法は、例えば日本国特許第 2 8 1 5 5 0 9 号の特許公報に開示されている。図 4 を用いて当該磁界制御方法について説明する。図 4 (a) は可変光アッテネータを示しており、当該可変光アッテネータはファラデー回転子（磁気光学結晶）1 1 3 と偏光子 1 1 2 とを備えている。また、当該可変光アッテネータは、ファラデー回転子 1 1 3 に対して互いに直交する方向に磁界を印加する永久磁石 1 1 4 及び電磁石 1 1 5 と、電磁石 1 5 に駆動電流を与える可変電流源 1 1 6 とを有している。

【 0 0 0 4 】

永久磁石 1 1 4 によりファラデー回転子 1 1 3 に印加される磁界の方向はファラデー回転子 1 1 3 における光ビーム 1 1 7 の透過方向と平行であり、電磁石 1 1 5 によりファラデー回転子 1 1 3 に印加される磁界の方向はファラデー回転子 1 1 3 における永久磁石 1 1 4 による磁界印加方向及び光ビーム 1 1 7 の透過方向に垂直である。

【 0 0 0 5 】

図 4 (b) において、矢印 1 0 2、1 0 5 はファラデー回転子 1 1 3 内の磁化方向とその大きさを表すベクトルであり、矢印 1 0 1、1 0 4、1 0 3 は外部から印加される印加磁界の方向と大きさを表すベクトルである。図中 Z 方向はファラデー回転子 1 1 3 中の光の伝播方向であり、X 方向は Z 方向に直交している。

ファラデー回転子 1 1 3 は、外部永久磁石 1 1 4 による垂直磁界 1 0 1 により飽和磁化 1 0 2 の状態となる。次に電磁石 1 1 5 による水平磁界 1 0 3 を印加すると外部磁界は合成磁界 1 0 4 となり、ファラデー回転子 1 1 3 は磁化 1 0 5 の状態になる。この磁化 1 0 5 の大きさは飽和磁化 1 0 2 の大きさと同じであり従ってファラデー回転子 1 1 3 は飽和磁化の状態にある。

【0 0 0 6】

このように、永久磁石 1 1 4 によりファラデー回転子 1 1 3 に垂直磁界を予め印加してファラデー回転子 1 1 3 を飽和磁化の状態にしておいて、さらにファラデー回転子 1 1 3 の面内方向に配置した電磁石 1 1 5 で水平磁界を印加する。そして、2つの磁界の合成磁界 1 0 4 によりファラデー回転子 1 1 3 の磁化の方向を磁化 1 0 2 から磁化 1 0 5 まで角度 θ だけ回転させて Z 方向の磁化成分 1 0 6 の大きさを制御している。この磁化成分 1 0 6 の大きさに依存してファラデー回転角は変化する。この方法の場合は、ファラデー回転子 1 1 3 は常に飽和磁化領域で使用されるためヒステリシスが生じることがなく、再現性よくファラデー回転角を変化させることができるという特徴を有する。

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許第 2 8 1 5 5 0 9 号の特許公報に開示された磁界印加方法では、永久磁石 1 1 4 による垂直方向の磁界を印加した状態で磁化を一様に回転させるために、電磁石 1 1 5 により印加する面内方向磁界を強くする必要があり、電磁石 1 1 5 が大型、もしくは大電流を流す必要があり、小型化、低消費電力化が困難という問題を有している。

【0 0 0 8】

本発明の目的は、小型、低消費電力で、かつ高速な可変光アッテネータ、光変調器、光スイッチなどの磁気光学光部品を提供することにある。

【0 0 0 9】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、少なくとも 1 個の磁気光学結晶と、前記磁気光学結晶に対し、光入出射面に垂直な方向の磁界成分を印加する少なくとも 1 個の永久磁石と、前記

磁気光学結晶に印加される前記磁界成分が 0 となる位置を可変とする少なくとも 1 個の電磁石とを有することを特徴とする磁気光学光部品によって達成される。

【 0 0 1 0 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記磁界成分の大きさは、前記光入出射面内の所定方向で単調に変化することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記磁気光学結晶は多磁区構造を有し、かつ、前記光入出射面に垂直な方向の磁化により構成される磁区 A と、磁区 A の磁化方向とは逆向きの方向の磁化により構成される磁区 B とを少なくとも含むことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記電磁石で発生させる磁界を変化させて、前記磁気光学結晶の光透過領域に、前記磁区 A のみが存在する状態と、前記磁区 A と前記磁区 B の双方が含まれる状態とを形成して、光透過光量を連続的に変化させることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、さらに前記磁区 B のみが存在する状態を形成することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記磁気光学結晶の飽和のファラデー回転角は約 45° であり、前記磁気光学結晶の片側に配置された偏光子と、前記磁気光学結晶の反対側に配置された検光子とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記磁気光学結晶の飽和のファラデー回転角は約 45° であり、前記磁気光学結晶の片側に配置された偏光子と、前記磁気光学結晶の反対側に配置された反射板とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記電磁石に印加する電流を変化させて減衰量を可変に制御する可変光アッテネータであることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、前記電磁石に印加する電流を変調させることにより、透過光量を変調させる光変調器であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

上記本発明の磁気光学光部品であって、光スイッチであることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、磁化を一様に回転させるのではなく、光の透過領域における磁区構造を変化させているので、小型の電磁石を用いることができ、又は、電磁石に流す電流を低電流にできる可変光アッテネータ等の磁気光学光部品を実現できる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態による磁気光学光部品について図 1 乃至図 3 を用いて説明する。まず、本実施の形態による磁気光学光部品の動作原理について図 1 を用いて説明する。図 1 (a)、(b)、(c) は、ファラデー回転子（磁気光学結晶）20 にそれぞれ条件を変えて磁界を印加している状態を示している。図 1 (a)、(b)、(c) の (i) 部はファラデー回転子 20 を光軸と平行な方向から見た状態を示している。ファラデー回転子 20 のほぼ中央の丸で囲んだ領域は光透過領域 C である。例えば紙面手前から紙面に向かって進む直線偏光の光は、ファラデー回転子 20 の光透過領域 C に入射して、偏光方位を所定角度回転させられて紙面後方に射出する。なお、ファラデー回転子 20 の両側には永久磁石 M1、M2 が配置されているが図 1 (a)、(b)、(c) の (i) 部では図示を省略している。

【 0 0 2 1 】

図 1 (a)、(b)、(c) の (ii) 部は、(i) 部に示した X-X 線で切断したファラデー回転子 20 の断面での磁区構造を模式的に示している。X-X 線は光透過領域 C の中央を横切っている。ファラデー回転子 20 の両側には永久磁石 M1、M2 が配置されている。2 つの永久磁石 M1、M2 は、例えばほぼ同一の磁力を有しており、互いの磁極は逆向き（着磁の方向が正反対）に配置され

ている。永久磁石M1内部の磁束は図中下向きであり、永久磁石M2内部の磁束は図中上向きである。また、永久磁石M1より永久磁石M2の方が、ファラデー回転子20の光透過領域Cの中央部から遠い位置に配置されている。

【0022】

図1(a)、(b)、(c)の(iii)部は、光軸に平行な方向（ファラデー回転子20の光入出射面に垂直な方向）に印加される磁界の向きと強さを矢印の向きと長さで模式的に表している。図示において、横方向はファラデー回転子20の断面の横方向の位置に対応し、縦方向は光軸に平行な方向を表している。

【0023】

さて、図1(a)では、永久磁石M1、M2だけでファラデー回転子20に磁界が印加されている状態である。(iii)部に示すように、ファラデー回転子20の永久磁石M1に近い左側部分では磁界は図中上向きに印加され、一方、永久磁石M2に近い右側では磁界は図中下向きに印加される。すなわちファラデー回転子20に印加される磁界成分の大きさは、光入出射面内の所定方向で単調に変化している。(ii)部に示すように、ファラデー回転子20の磁化の向きは、永久磁石M1と永久磁石M2による磁界の向きと同じ向きになる。永久磁石M1、M2はほぼ等しい磁界強度を有しているが、互いに磁極が逆向きであってファラデー回転子20からの距離が永久磁石M1の方が近いため、ファラデー回転子20内部では図中上向きの磁界が支配的になる。従って、図1(a)の(ii)部に示すように、ファラデー回転子20には、上向きの磁化を有する磁区Aの領域の方が下向きの磁化を有する磁区Bの領域より支配的になる。これにより図1(a)の(i)部に示すように、光透過領域Cは、磁区Aの領域内に完全に包含される。ここで、光透過領域Cが磁区A領域内にあるときのファラデー回転角を $+\theta_{fs}$ （飽和のファラデー回転角）とする。

【0024】

ここでは、永久磁石M1を永久磁石M2よりファラデー回転子20に近づけることにより光透過領域Cを磁区Aの領域内に入るようにしているが、例えば、永久磁石M1の磁力を永久磁石M2のそれより強くして、ファラデー回転子20に対して両者がほぼ等距離になるように配置して光透過領域Cを磁区Aの領域内に

入れるようにしてもよい。あるいは、永久磁石M2を用いずに永久磁石M1だけを用いて光透過領域Cを磁区Aの領域内に入れるようにしてもよい。

【0025】

次に、図1(b)では、不図示の電磁石に通電して、永久磁石M1、M2の磁界に加えて図中下向きの磁界をさらに印加して垂直方向の磁界が0となる位置を図の左方向に移動させて、(iii)部に示すように上向きと下向きの磁界の境界をファラデー回転子20のほぼ中央に位置させる。(ii)部に示すように、ファラデー回転子20内部は左半分に図中上向きの磁界が印加され、右半分に下向きの磁界が印加される状態となる。従って、図1(b)の(ii)部に示すように、磁区Aと磁区Bの境界も図の左方向に移動し、ファラデー回転子20には、上向きの磁化を有する磁区Aの領域と下向きの磁化を有する磁区Bの領域とが中央を境界として左右半々に形成される。これにより図1(b)の(i)部に示すように、光透過領域Cには、磁区Aの領域と磁区Bの領域とがほぼ半々に存在するようになり、両方の磁区が均等に含まれるためファラデー回転角 θ_f は 0° となる。

【0026】

次に、図1(c)では、不図示の電磁石にさらに大電流を流すことにより下向きの磁界をさらに印加して、(iii)部に示すように、垂直方向の磁界が0となる位置をさらに図の左方向に移動させる。(ii)部に示すように、ファラデー回転子20内部では図中下向きの磁界が支配的になる。従って、図1(c)の(ii)部に示すように、ファラデー回転子20には、下向きの磁化を有する磁区Bの領域の方が上向きの磁化を有する磁区Aの領域より支配的になる。これにより図1(c)の(i)部に示すように、光透過領域Cは、磁区Bの領域内に完全に包含される。光透過領域Cが磁区B領域内にあるときのファラデー回転角は、 $-\theta_{fs}$ となる。

【0027】

以上のように、本実施の形態の動作原理によれば、磁区Aと磁区Bとの境界領域である磁壁の移動により、ファラデー回転角を $+\theta_{fs}$ から $-\theta_{fs}$ の範囲で変化させることができる。例えばファラデー回転子20の前後に偏光子を配置す

ることにより、光アッテネータなどの磁気光学光部品を実現できる。

【 0 0 2 8 】

次に、上記動作原理を用いた本実施の形態による磁気光学光部品の概略の構成について図 2 を用いて説明する。図 2 は、本実施の形態による磁気光学光部品としての可変光アッテネータの概略構成を示している。可変光アッテネータ 1 は、第 1 の偏光子 1 0、ファラデー回転子（磁気光学結晶） 2 0、及び第 2 の偏光子 1 2 がこの順に並んで配置された光学素子を有している。第 1 及び第 2 の偏光子 1 0、1 2 としては、例えば、偏光ガラス、くさび複屈折偏光子、複屈折板等を用いることができる。

【 0 0 2 9 】

また、ファラデー回転子 2 0 に対し光軸に平行な方向に飽和磁界を印加する永久磁石 3 0 が配置されている。さらに、ファラデー回転子 2 0 に対し光軸に平行な方向に、永久磁石 3 0 の磁界の向きと逆向きの可変磁界を印加する電磁石 3 2 が配置されている。

【 0 0 3 0 】

電磁石 3 2 はコの字状のヨーク 3 2 a とヨーク 3 2 a に巻き回されたコイル 3 2 b とを有している。ヨーク 3 2 a 両端部には光を透過させるための光導入窓 3 2 c が設けられている。第 1 及び第 2 の偏光子 1 0、1 2 間にファラデー回転子 2 0 を挟んだ光学素子はヨーク 3 2 a 両端部の間に位置している。ヨーク 3 2 a 一端部の光導入窓 3 2 c から入射した光は、光学素子の光軸を通過してヨーク 3 2 a 他端部の光導入窓 3 2 c から射出するようになっている。コイル 3 2 b に通電することによりヨーク 3 2 a 及びヨーク 3 2 a 両端部間の光学素子に閉磁路が形成されて、予め光軸に平行に飽和磁界が印加されているファラデー回転子 2 0 に同時に所望の逆向きの磁界を印加できるようになっている。

【 0 0 3 1 】

本実施の形態による可変光アッテネータ 1 のファラデー回転子 2 0 は、例えば L P E（液相エピタキシャル）法により育成されたガーネット単結晶膜を研磨して形成されている。当該ガーネット単結晶膜は膜面に垂直な垂直磁区構造を有しており、ファラデー回転子 2 0 は、飽和磁界より小さい磁界を印加した場合は磁

区構造を有するため回折損失が生じる。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示す可変光アッテネータ 1 において、例えば、永久磁石 3 0 により、ファラデー回転子 2 0 の光入出射面に垂直に光ビームの進行方向と同方向の磁界が印加され、電磁石 3 2 には電流が流れていない状態では、ファラデー回転子 2 0 の光入出射面に垂直に印加される磁界成分の大きさは、永久磁石 3 0 から遠ざかるに従って単調に減少している。このときファラデー回転子 2 0 の光透過領域は例えば磁区 A 領域に完全に包含されている。飽和のファラデー回転角は $+\theta f s$ であり、これに対応させて第 1 の偏光子 1 0 と第 2 の偏光子（検光子） 1 2 との偏光軸の角度を調整しておくことにより、減衰なしで光ビームを射出することができる。

【 0 0 3 3 】

次に、電磁石 3 2 に通電して、永久磁石 3 0 の磁界の向きと逆向きの磁界を印加して光入出射面に垂直方向の磁界が 0 となる境界領域を光透過領域のほぼ中央に形成する。これにより、光透過領域には磁区 A の領域と磁区 B の領域とがほぼ半々に存在するようになり、両方の磁区が均等に含まれるためファラデー回転角 θf は 0° となる。ファラデー回転角が $+\theta f s$ から 0° に変化するのに伴い、第 2 の偏光子 1 2 で吸収される光量が増加するため、所定のアッテネーションが実現される。

【 0 0 3 4 】

次に、電磁石 3 2 にさらに大電流を流すことにより永久磁石 3 0 の磁界の向きと逆向きの磁界をさらに印加して、光入出射面に垂直方向の磁界が 0 となる境界領域をさらに永久磁石 3 0 側に移動させる。これにより、ファラデー回転子 2 0 内部では磁区 B の領域の方が磁区 A の領域より支配的になり、光透過領域は、磁区 B の領域内に完全に包含される。光透過領域が磁区 B 領域内にあるときのファラデー回転角は、 $-\theta f s$ となる。ファラデー回転角が 0° からさらに $-\theta f s$ に変化するのに伴い、第 2 の偏光子 1 2 で吸収される光量がさらに増加するため、優れたアッテネーションが実現される。

【 0 0 3 5 】

以上のように、本実施の形態による可変光アッテネータ 1 によれば、磁区 A と磁区 B との境界領域である磁壁の移動により、ファラデー回転角を $+\theta f s$ から $-\theta f s$ の範囲で変化させて、光ビームの強度を制御することができる。

$\theta f s$ の大きさを約 45° に設定すると、ファラデー回転角は、 $+45^\circ$ から -45° におおよそ変化することになる。この場合、 $+45^\circ$ の場合に減衰しないように両側の偏光子を配置すると、 -45° の場合は、回転角の変化量が 90° になるので消光状態になり、最大の減衰量を得られ、減衰量が大きく、印加電流に対して単調に減衰量が増加する理想的な可変光アッテネータを実現できる。

【0036】

このように本実施の形態によれば、上述の特許第 2 8 1 5 5 0 9 号の特許公報に開示されたような、磁気光学結晶の磁化を一様に回転させる磁界印加方式ではなく、光透過領域内の磁区構造を変化させる方式としたため、小型の電磁石でファラデー回転角を変化させることができ、小型の磁気光学光部品が実現できる。また、応答速度は、通常、電磁石の L（インダクタンス）により制限されており、電磁石が小型化できれば L を低減でき、応答速度の高速化が実現できる。

【0037】

さらに、特許第 2 8 1 5 5 0 9 号の特許公報に開示された磁界印加方式では、ファラデー回転角の変化は、 $+\theta f s$ から 0° 未満までの変化しか得られないが、本実施の形態によれば、ファラデー回転角は $+\theta f s$ から $-\theta f s$ の範囲で変化させることができ、2 倍の変化量を得られる。したがって、使用される磁気光学結晶の厚さを半分にできるので製品の低価格化も実現できる。

【0038】

次に、本実施の形態による磁気光学光部品の変形例について図 3 を用いて説明する。図 3 に示す可変光アッテネータ 2 は、図 2 に示す可変光アッテネータ 1 に対して、1 枚の偏光子 1 4 と反射ミラー 4 0 とでファラデー回転子 2 0 を挟んだ構成になっている点に特徴を有している。すなわち、偏光子 1 4、ファラデー回転子（磁気光学結晶）2 0、及び反射ミラー 4 0 がこの順に並んで配置された光学素子を有している。偏光子 1 4 としては複屈折くさび板を用いることができる。さらに当該光学素子と、入力用光ファイバ 5 0 端部及び出力用光ファイバ 5 2

端部との間にレンズ 4 2 が配置されている。

【 0 0 3 9 】

また、ファラデー回転子 2 0 の両側には、ファラデー回転子 2 0 に対し光軸に平行な方向に飽和磁界を印加する永久磁石 3 0、3 1 が配置されている。2 つの永久磁石 3 0、3 1 は、例えばほぼ同一の磁力を有しており、互いの磁極は逆向きに配置されている。また、永久磁石 3 0 より永久磁石 3 1 の方が、ファラデー回転子 2 0 の光透過領域の中央部から遠い位置に配置されている。さらに、ファラデー回転子 2 0 に対し光軸に平行な方向に、永久磁石 3 0 による磁界の向きと逆向きで永久磁石 3 1 による磁界の向きと同方向の可変磁界を印加する電磁石 3 2 が反射ミラー 4 0 に対してファラデー回転子 2 0 の反対側に配置されている。

【 0 0 4 0 】

本実施の形態による可変光アッテネータ 2 のファラデー回転子 2 0 も、例えば L P E (液相エピタキシャル) 法により育成されたガーネット単結晶膜を研磨して形成されている。当該ガーネット単結晶膜は膜面に垂直な垂直磁区構造を有しており、ファラデー回転子 2 0 は、飽和磁界より小さい磁界を印加した場合は磁区構造を有するため回折損失が生じる。

【 0 0 4 1 】

図 3 に示す可変光アッテネータ 2 において、永久磁石 3 0、3 1 だけでファラデー回転子 2 0 に磁界が印加されている状態では、ファラデー回転子 2 0 には、永久磁石 3 0 の磁界が支配的な領域に生じる磁区 A の方が永久磁石 3 1 の磁界が支配的な領域に生じる磁区 B より領域が広く、光透過領域は、磁区 A の領域内に完全に包含される。飽和のファラデー回転角は $+\theta f s$ であり、ここで $\theta f s$ を約 45° に設定する。入力用光ファイバから 5 0 から出射した光は、レンズ 4 2 により平行ビームに変換され、複屈折くさび板 1 4、ファラデー回転子 2 0 を通過した後、ミラー 3 2 より反射し、再度、ファラデー回転子 2 0、複屈折くさび板 1 4 を通過し、レンズ 4 2 により出力用光ファイバ 5 2 に集光する。ファラデー回転子を 2 回通過するため、ファラデー回転角は、 45° の 2 倍の 90° となる。複屈折くさび板を常光で通過した光の反射光は異常光として再度複屈折くさび板を通過し、逆に、複屈折くさび板を異常光で通過した光の反射光は常光とし

て再度複屈折くさび板を通過し、このような光が全て出力用光ファイバに入射するように光軸を調整することにより、減衰なしで光ビームを入力側光ファイバ50から出力側光ファイバ52へ射出することができる。

【0042】

次に、電磁石32に通電して、永久磁石30の磁界の向きと逆向きで、永久磁石31の磁界の向きと同方向の磁界を印加して光入出射面に垂直方向の磁界が0となる境界領域を光透過領域のほぼ中央に形成する。これにより、光透過領域には磁区Aの領域と磁区Bの領域とがほぼ半々に存在するようになり、両方の磁区が均等に含まれるためファラデー回転角 θ_f は 0° となる。2回通過した際のファラデー回転角が 90° から 0° に変化するのに伴い、入力側光ファイバ50から出力側光ファイバ52へ射出される光の強度を所定の減衰率で減衰させることができる。

ファラデー回転角が 0° になると、複屈折くさび板を常光で通過した光の反射光は常光として再度複屈折くさび板を通過し、逆に、複屈折くさび板を異常光で通過した光の反射光は異常光として再度複屈折くさび板を通過し、このような光は、出力側光ファイバ51へは入射せず、最大の減衰量が得られる。

【0043】

以上のように、本実施の形態による可変光アッテネータ1によれば、磁区Aと磁区Bとの境界領域である磁壁の移動により、ファラデー回転角を 90° から 0° の範囲で変化させて、光ビームの強度を制御することができる。

【0044】

【発明の効果】

以上の通り、本発明によれば、光の透過領域における磁区構造を変化させることにより、小型、高速で、低価格な磁気光学光部品を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態による磁気光学光部品としての可変光アッテネータの動作原理を説明する図である。

【図2】

本発明の一実施の形態による磁気光学光部品としての可変光アッテネータの概略構造を示す図である。

【図 3】

本発明の一実施の形態による他の磁気光学光部品としての可変光アッテネータの概略構造を示す図である。

【図 4】

従来の磁気光学光部品としての可変光アッテネータの概略構造及び動作原理を説明する図である。

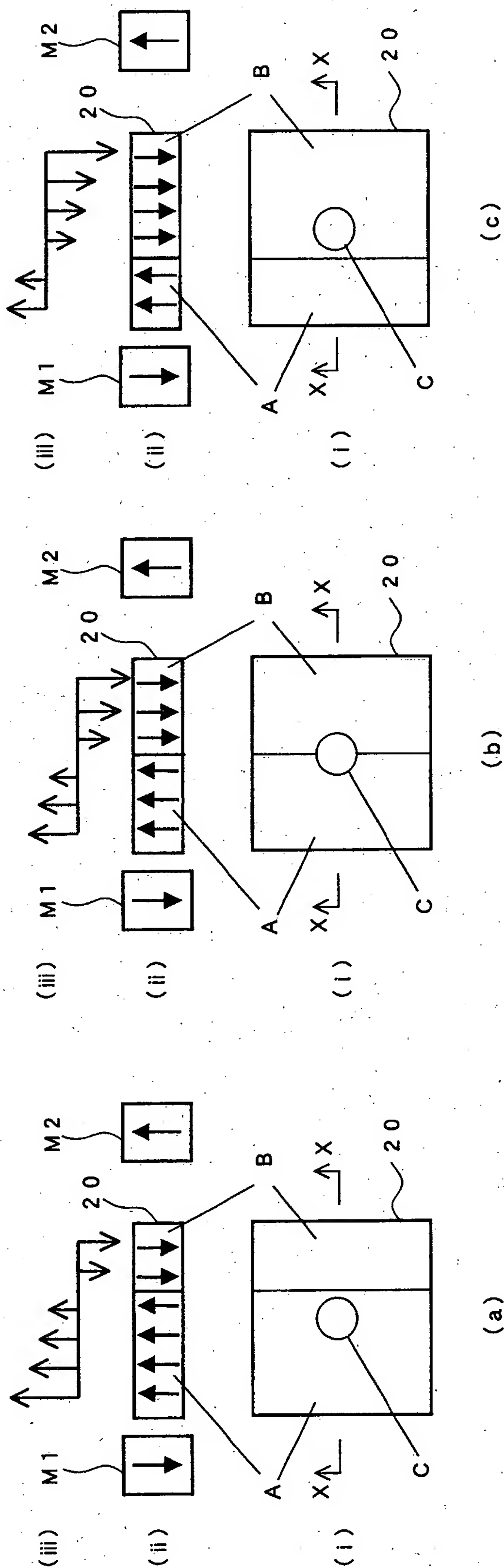
【符号の説明】

- 1、2 可変光アッテネータ
- 10、12、14 偏光子
- 20 ファラデー回転子
- 30、31 永久磁石
- 32 電磁石
- 40 反射ミラー
- 42 レンズ
- 50 入力用光ファイバ
- 51 出力用光ファイバ

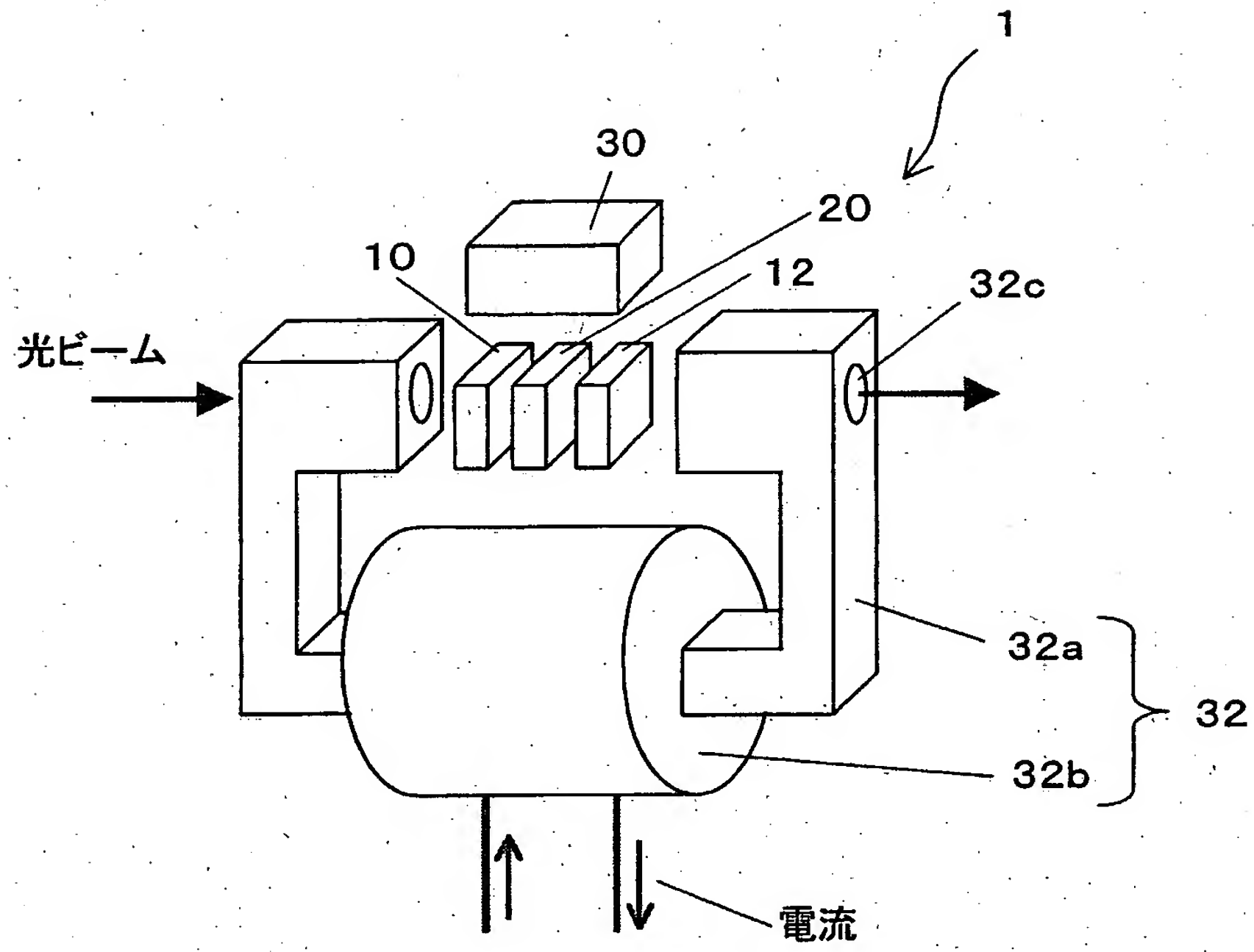
特 2 0 0 2 - 2 3 5 1 8 4

【書類名】 図面

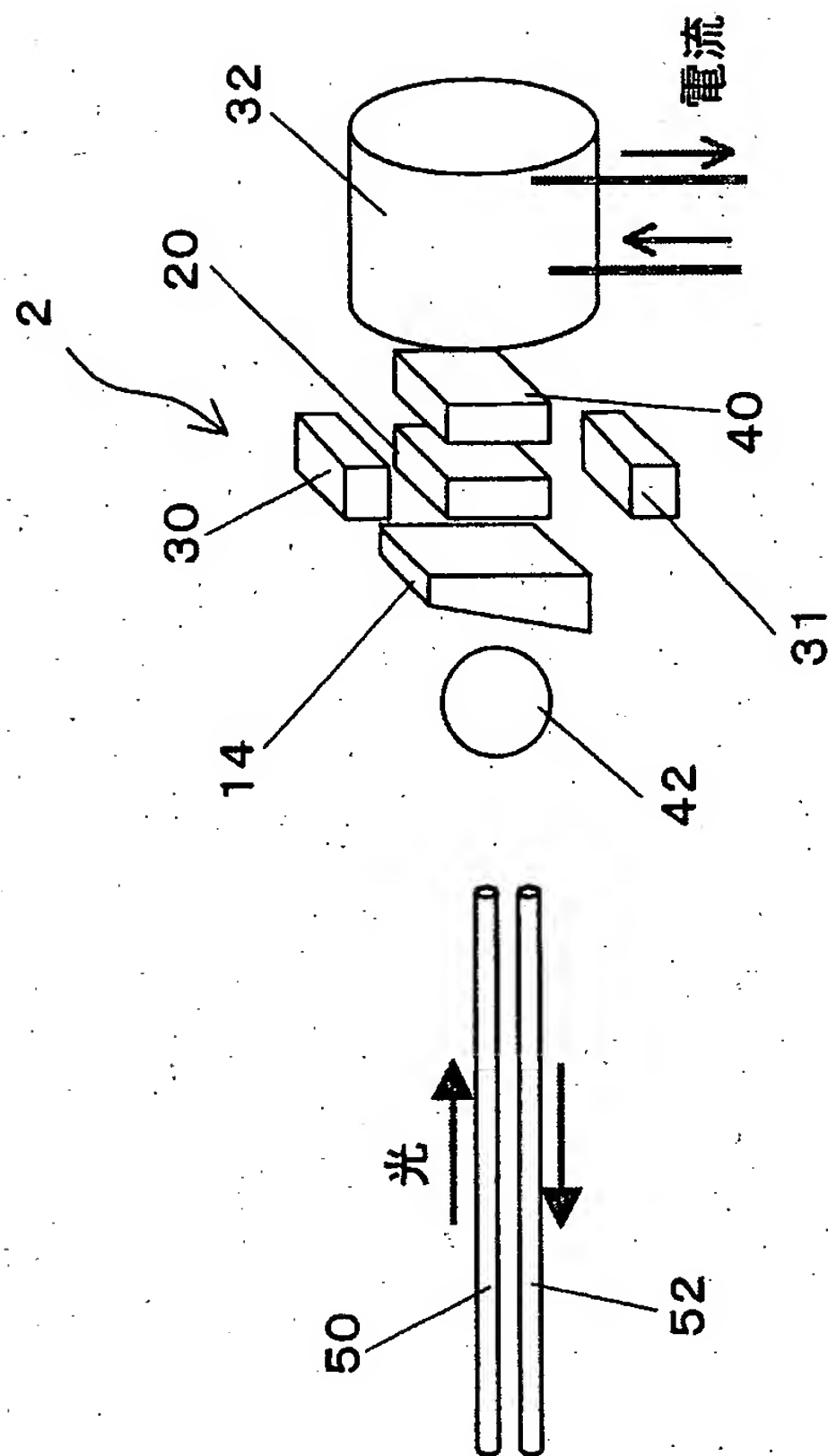
【図 1】



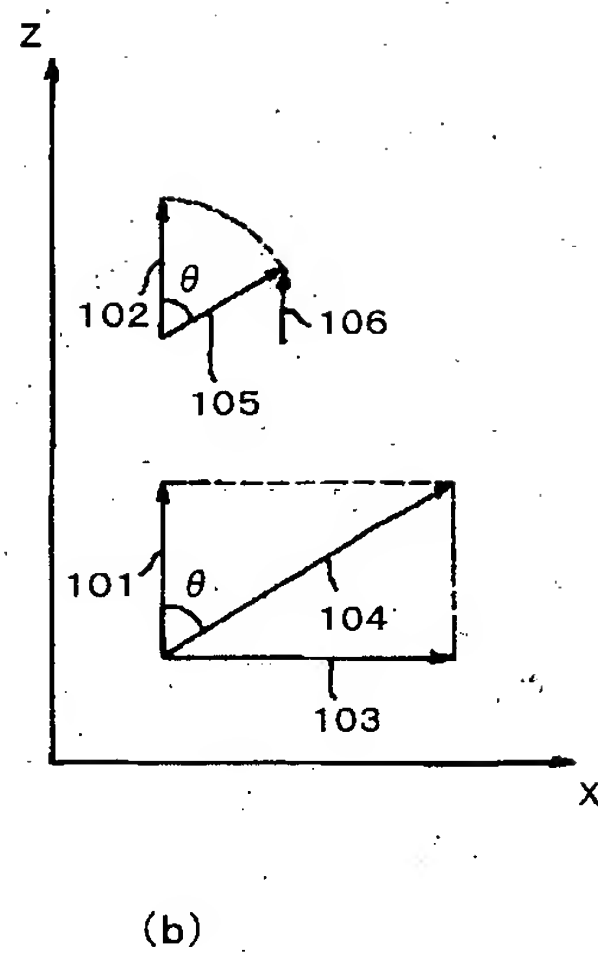
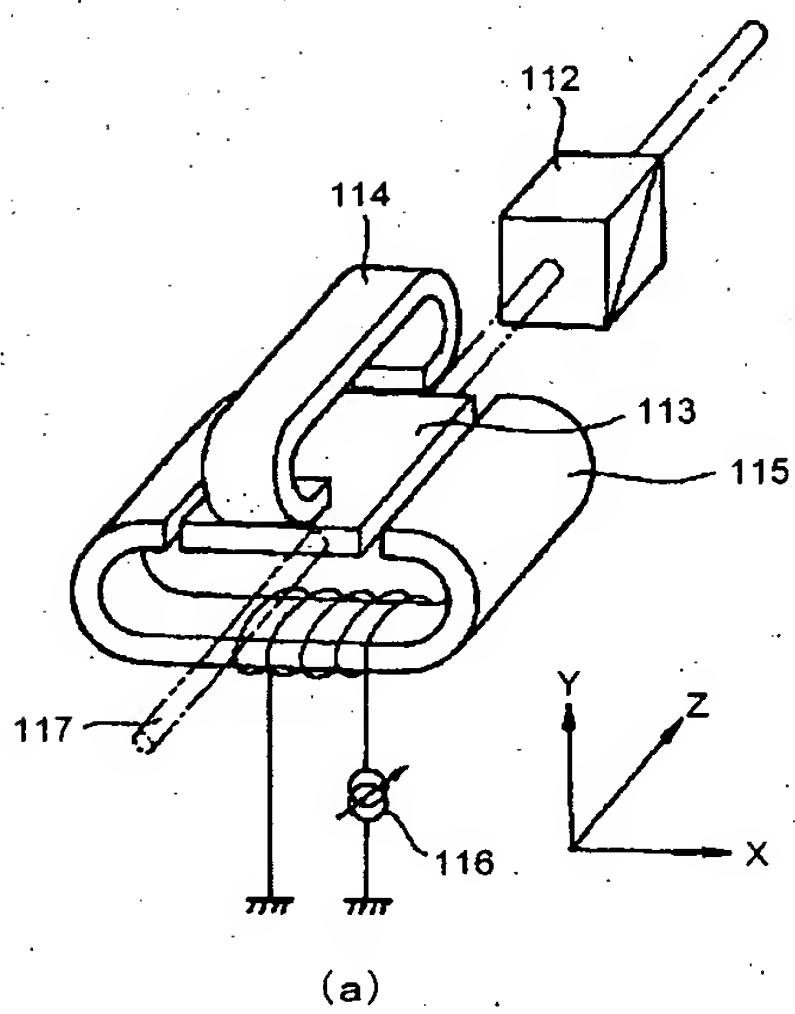
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、小型、低消費電力で、かつ高速な可変光アッテネータ、光変調器、光スイッチなどの磁気光学光部品を提供することを目的とする。

【解決手段】 永久磁石 3 0 により、ファラデー回転子 2 0 の光入出射面に垂直に光ビームの進行方向と同方向の磁界が印加され、光透過領域は例えば磁区 A 領域に完全に包含されており減衰なしで光ビームを射出する。電磁石 3 2 に通電して、光透過領域に磁区 A の領域と磁区 B の領域とをほぼ半々に存在させるとファラデー回転角 θ_f は 0° となる。電磁石 3 2 にさらに大電流を流すことにより、光透過領域は磁区 B の領域内に完全に包含される。光透過領域が磁区 B 領域内にあるときのファラデー回転角は、 $-\theta_f$ となる。ファラデー回転角が 0° からさらに $-\theta_f$ に変化するのに伴い、第 2 の偏光子 1 2 で吸収される光量が増加して優れたアッテネーションが実現される。

【選択図】 図 2

特 2002-235184

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-235184
受付番号	50201202073
書類名	特許願
担当官	伊藤 雅美 2132
作成日	平成14年 8月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 8月12日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名 ティーディーケー株式会社
2. 変更年月日 2003年 5月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名 ティーディーケー株式会社